

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-092199

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

H05H 1/24

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 2001-285025

(71)Applicant : GIGAPHOTON INC

(22)Date of filing : 19.09.2001

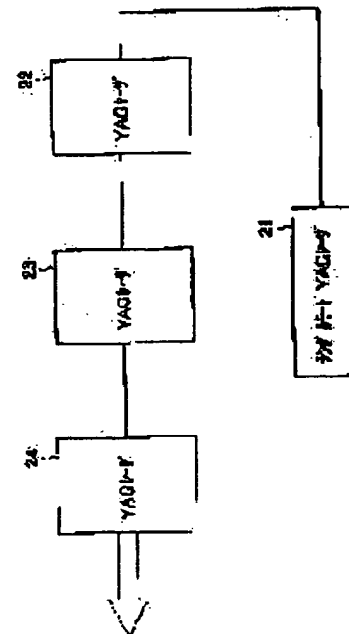
(72)Inventor : MIZOGUCHI KAZU

### (54) LIGHT SOURCE DEVICE AND EXPOSURE DEVICE USING THEREOF

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light source device with a small etendu capable of taking out a high-output power, providing less damage by debris.

SOLUTION: The light source device generates ultraviolet light by illuminating laser beam to a target. The device includes a target supplying member supplying substance as the target, amplifying-stage laser 22-24 amplifying laser beam of low-order lateral mode generated by an oscillation-stage laser 21 having low-order lateral mode and a laser of low order lateral mode generated by the oscillation-stage laser 21. The device further includes laser member generating a plasma by irradiation of the amplified laser beam to the target, a light collecting unit collecting the ultraviolet light emitted by the plasma and emitting the light.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-92199

(P2003-92199A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H05H 1/24		H05H 1/24	2H097
G03F 7/20	603	G03F 7/20	503 5F046
H01L 21/027		H01L 21/30	531S

調査領域 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-283025 (P2001-283025)

(22) 出願日 平成13年9月18日 (2001.9.18)

(71) 出願人 300073919

ギガフォトン株式会社

東京都千代田区大手町2-6-1 朝日東  
 緯ビル

(72) 発明者 樋口 計

千葉県平塚市万田1200 ギガフォトン株  
 式会社内

(74) 代理人 100110777

弁護士 宇都宮 正明 (外1名)

Fターム (参考) 2H097 CA15 CB00 LA10

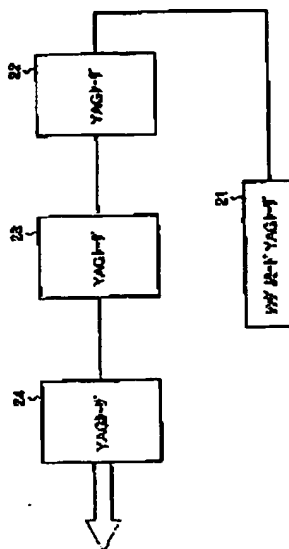
5F046 G03 CB01 G003

(54) 【発明の名称】 光源装置及びそれを用いた顕光装置

(57) 【要約】

【課題】 エチンゲンが小さく、高出力を取り出すことができ、デブリによる損傷の少ない光源装置を提供する

【解決手段】 この光源装置は、ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生する光源装置であって、ターゲットとなる物質を供給するターゲット供給部と、低次の横モードを有する共振腔レーザー21と共振腔レーザーにより発生した低次の横モードのレーザービームを増幅する増幅腔レーザー22～24とを含み、増幅されたレーザービームをターゲットに照射することによりプラズマを発生させるレーザー部と、プラズマから放出される極端紫外光を集光して出射する集光光学系とを具備する。



(2)

特開2003-92199

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生する光源装置であって、前記ターゲットとなる物質を供給するターゲット供給部と、

低次の励起モードを有する発振段レーザーと、前記発振段レーザーにより発生した低次の励起モードのレーザービームを増幅する少なくとも1つの増幅段レーザーとを含み、増幅されたレーザービームを前記ターゲットに照射することによりプラズマを発生させるレーザー部と、

前記プラズマから放出される極端紫外光を集光して出射する集光光学系と、を具備する光源装置。

【請求項2】 前記レーザー部が、レーザー共振器を有しない増幅段レーザーを用いるMOPA (master oscillator power amplifier) 方式によることを特徴とする請求項1記載の光源装置。

【請求項3】 前記レーザー部が、レーザー共振器を有する増幅段レーザーを用いるインジェクション・ロック方式 (ILS: injection locking system) によることを特徴とする請求項1記載の光源装置。

【請求項4】 前記発振段レーザー及び前記少なくとも1つの増幅段レーザーが、YAGレーザーを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の光源装置。

【請求項5】 前記発振段レーザーが、シングルモード化されたYAGレーザーであることを特徴とする請求項4記載の光源装置。

【請求項6】 前記少なくとも1つの増幅段レーザーが、高出力YAGレーザーを含むことを特徴とする請求項4又は5記載の光源装置。

【請求項7】 前記発振段レーザー及び前記少なくとも1つの増幅段レーザーが、燃費として二酸化炭素ガスを含む混合ガスを使用する炭酸ガスレーザーを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の光源装置。

【請求項8】 前記発振段レーザーが、パルス炭酸ガスレーザーであることを特徴とする請求項7記載の光源装置。

【請求項9】 前記少なくとも1つの増幅段レーザーが、連続波 (CW: continue wave) 炭酸ガスレーザーを含むことを特徴とする請求項7又は8記載の光源装置。

【請求項10】 前記少なくとも1つの増幅段レーザーが、TEA (transversely excited atmospheric) 炭酸ガスレーザーを含むことを特徴とする請求項7又は8記載の光源装置。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか1項記載の光源装置と、

前記光源装置によって発生された極端紫外光を複数のミラーを用いてマスクに集光する照明光学系と、

前記マスクから反射された極端紫外光を用いて対象物を露光させる投影光学系と、を具備する露光装置。

2

【発明の属する技術分野】 本発明は、ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外 (EUV: extreme ultra violet) 光を発生する光源装置に関する。さらに、本発明は、そのような光源装置を用いた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体プロセスの微細化に伴って光リソグラフィも微細化が急速に進展しており、次世代においては、100～70nmの微細加工、更には50nm以下の微細加工が要求されるようになる。例えば、50nm以下の微細加工の要求に 대응べく、波長13nm程度のEUV光源と縮小投影反射光学系 (catoptric system) とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

【0003】 EUVリソグラフィは光リソグラフィの一種であり、波長10nm領域の極端紫外光を使用し、縮小投影反射光学系において、半導体回路のパターンのマスク像を半導体ウエハ上に塗布されたレジスト上に結像させて回路形成を行う。EUVリソグラフィに用いる露光装置においては、スループットが80枚/時、レジスト感度が5mJ/cm<sup>2</sup>であることが前提とされており、現在考えられている光学系の構成を使用した場合には、10～1000W程度のEUV光源が必要とされる。

【0004】 EUV光源としては、レーザービームをターゲットに照射することによって生成するプラズマを用いたLPP (laser produced plasma) 光源と、放電によって生成するプラズマを用いたDP (discharge plasma) 光源と、軌道放射光を用いたSR (synchrotron radiation) 光源との3種類がある。これらの内でも、LPP光源は、プラズマ密度をかなり大きくできるので黒体放射に近い極めて高い輝度が得られ、ターゲット材料を選択することにより必要な波長帯のみの発光が可能であり、ほぼ等方的な角度分布を持つ点光源であるので光源の周囲に電極等の構造物がなく、2πsteradという極めて大きな立体角の照射が可能であること等の利点から、10～1000W程度のパワーが要求されるEUVリソグラフィ用の光源として有力であると考えられている。

【0005】 LPP光源において、プラズマを発生させるためにレーザービームを照射するターゲットとして固体材料を用いると、レーザービーム照射領域がプラズマ化するときレーザービームの照射により発生する熱がレーザービーム照射領域の周辺に伝わり、その周辺において固体材料が熔融する。熔融した固体材料は、直径数μm以上の粒子 (デブリ) となって多量に放出され、集光ミラーにダメージを与え、その反射率を低下させる。一方、ターゲットとして気体を用いると、デブリは少なくなる

(3)

特圖2003-92199

3

2

【0006】ところで、LPP光源は、点光源あるいはその集合体であるため、LPP光源から発散される光を集光ミラーで集めて、EUVリソグラフィに利用可能な光を出力することが必要である。ここで、点光源光の光束伝達においては、エテンデュが常に一定であるという原理が存在する。エテンデュとは、光束の面積と広がり角（立体角）との積で定義される量である。光源側のエテンデュ（光源面積と発散立体角との積）が照明領域のエテンデュ（照明領域の面積と照明光の立体角との積）より大きいと、照明領域に取り込むことのできない光束の割合が増加するので、光源側のエテンデュを照明領域のエテンデュよりも小さく抑える必要がある。EUV光は発散光なので、エテンデュを小さく抑えるためには、光窓となるプラズマのサイズを十分に小さくしなければならぬ。例えば、光源から立体角 $\pi$ の範囲で集光するためには、プラズマの直径を0.5mm程度以下にすることが必要である。

【0907】従来、LPP光源においてプラズマを生成するために、1.5W級のLED励起YAGレーザを用いて開発が行われてきた。このYAGレーザは、パルス継続時間が数nsで、使用されるレーザビームの波長が1μm帯である。一方、数微秒を超えるプラズマの生成過程は、ps(10<sup>-12</sup>秒)のスケールで進展する。レーザビームが照射される初期の時点におけるプラズマの密度が小さいと、それ以後においてレーザビームはターゲット中の分子や原子を十分にプラズマ化することができずに索通りしてしまう。逆に、プラズマ密度が大きすぎる場合には、レーザビームが照射される側のプラズマに遮られて、十分な体積のプラズマが生成できなくなる。従って、ターゲットガスの密度には、最適な範囲が存在する。

【0008】YAGレーザを用いる場合には、レーザビームを効率良く吸収させるために、レーザビームをかなり密度が大きいターゲットガスと相互作用させる必要がある。そのため、ノズルの噴出口近くの密度の大きいガスにレーザビームを照射することが必要である。しかしながら、高出力化したYAGレーザは、一般に、閥モードに多数のモードが存在するため集光性が悪く、また、運転中に発生する熱によって鏡子破損の不均一性が増すため鏡モードがさらに悪化し、その結果、ターゲットへの照射効率が低下してしまうという問題もあった。

[0009]

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、エデンチュが小さく、高出力を取り出すことができ、デブリによる損傷の少ない光造形装置を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような光造形装置を用いることにより、微細な光リソグラフィを実現することができる光造形装置を提供することを目的とする。

め、本発明に係る光源装置は、ターゲットにレーザビームを照射することにより増幅熱外光を発生する光源装置であって、ターゲットとなる物質を供給するターゲット供給部と、低次の荷モードを有する発振段レーザと発振段レーザにより発生した低次の荷モードのレーザビームを増幅する少なくとも一つの増幅段レーザとを含み、増幅されたレーザビームをターゲットに照射することによりプラズマを発生させるレーザ部と、プラズマから放出される極短熱外光を集光して出射する集光光学系とを具備する。

【0011】また、本発明に係る露光装置は、上記の光源装置と、光源装置によって発生された極細紫外光を複数のミラーを用いてマスクに導光する照明光学系と、マスクから反射された極細紫外光を用いて対象物を露光させる投影光学系とを具備する。

【００１２】以上のように構成した本発明によれば、低次の値モードを有する発振段レーザにより発生した集光性の高いレーザビームを増幅段レーザで増幅してターゲットに照射するため、エテンデュが小さく、高出力を取り出すことができ、デブリによる損傷の少ない光窓装置を提供することができる。さらにまた、この光窓装置を用いて、微細な光リソグラフィを実現する露光装置を提供することができる。

[0013]

【発明の実施の形態】以下、図面に基いて本発明の実施の形態について説明する。なお、同一の構成要素については同一の参照番号を付して、これらの説明を省略する。図１に、本発明の一実施形態に係る光源装置の構成を示す。この光源装置は、レーザ部として、レーザビームを発生する駆動用レーザ１０１と、駆動用レーザ１０１が発生するレーザビームを集光する光学系を含んでいる。本実施形態においては、この光学系が、集光レンズ１０２によって構成されている。集光レンズ１０２としては、平凸レンズやシリンドリカルレンズが使用される。

【0014】また、光源装置は、ターゲット供給部として、レーザビームが照射されるターゲットとなる物質を供給するターゲット供給装置108と、ターゲット供給装置108から供給される物質を噴射するためのノズル109とを含んでいる。レーザ部が、ターゲット供給部から供給されるターゲットにレーザビームを照射することにより、プラズマを生成する。

【0915】さらに、光野藤臣は、プラズマから放出される極端紫外（EUV：extra ultra violet）を光を集めて出射する紫外光学系を構成する反射鏡105と、レーザービーム照射領域の周辺から除出される真径数μm以上の粒子塊（デブリ）を取り除いてEUV光のみを通過させるデブリシールド106を含んでいる。反射鏡1

特開2003-92199

【0016】本発明においては、ターゲットとして、気体、液体、固体のいずれも使用することができる。ただし、レーザビームが照射される時点において、又はレーザビームが照射された直後においてガス状態である物質が望ましい。具体的には、常温（20℃）でガス状態である物質が該当し、例えば、キセノン（Xe）、キセノンを主成分とする混合気体、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、又は、低気圧状態でガスである水（H<sub>2</sub>O）、アルゴールを用いることができる。照射装置外光発生部は真空状態にする必要があるため、常温で水を供給してもノズルから出た後は気体となる。

【0018】本実施形態においては、ターゲットとしてキセノン(Xe)を用いている。その場合、発生するEUV光は約10nm～約15nmの波長を有する。ターゲット供給装置108がキセノンガスに圧力を加えることにより、ノズル103の開口部から上方に向けてキセノンガスを噴射する。ノズル103は、スリット状の開口を有するか、又は直線上に配列された複数の開口を有する。従って、噴出したキセノンガスは、開口部の長手方向に広い幅を有しながら垂直に流動し、キセノンガスの柱を形成することになる。

【0020】プラズマから放出されたEUV光は、集光光学系を構成する反射鏡105によって集光され、平行光107となる。集光光学系の光軸は、プラズマ104の長手軸と直交させることが望ましい。平行光107は、デブリを除去するために設置されたデブリシールド106を通過した後、露光装置に供給される。

የፌዴራል ፍርድ ቤት ውሳኔ በፌዴራል ፍርድ ቤት ውስጥ ብቻ የሚያስፈልግ ነው።

19

30.

【0025】EUV光源の大きさは、エテンデュの制約を満たすことが必要である。それより大きいと、露光に利用できる光束の割合が減少し、効率が低くなってしまふからである。従って、EUV光源の駆動用レーザとして利用するためには、レーザビームの径が十分に小さくなければならぬ。本発明においては、発振段レーザとして、低次の横モードを有するレーザを用いているので、レーザビームの径を十分に小さくすることができ

(5)

特選2003-92199

7

O<sub>2</sub> レーザ 31 を発振段に配置し、増幅段には、2 台の C 管（連続波）-CO<sub>2</sub> レーザ 32、33 を配置している。発振段のバリス CO<sub>2</sub> レーザ 31 は、高い繰り返し周波数（例えば、100 kHz）でパルス光を発生することが可能である。この例においては、発振段のバリス CO<sub>2</sub> レーザ 31 が構模モードかつシングルモードで動作し、波長が 10 μm 近傍のレーザビームを発生する。

【028】増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ32は、8個の炭酸ガスレーザ1～8を含み、増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ33も、8個の炭酸ガスレーザ9～16を含んでいる。図3において、これらの炭酸ガスレーザ内をレーザビームが通過する様子、矢印で示されている。発振段のバルスCO<sub>2</sub>レーザ31から増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ32に入射された低出力のバルス光は、炭酸ガスレーザ1～16内を進行して増幅され、発光性が高くエネルギーも高いレーザビームが、増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ33から出力される。本実施形態においては、発振段のバルスCO<sub>2</sub>レーザ31から出射された10Wのレーザビームが、40kWに増幅されて増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ33から出射される。

【0029】CW-CO<sub>2</sub>レーザは連続発振なので、発振の繰り返しの周波数は、発振段レーザの性能に支配される。このことは、例えば、2kHz、4kHz、6kHz等の高い繰り返しの周波数でEUV光を出力する場合に有利である。しかしながら、出力されるレーザビームのエネルギー密度を高くすることはできない。なお、増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザ32、33については、発振段のバルスCO<sub>2</sub>レーザ31と同期をとって変調をかければ、高エネルギー密度を節約してシステム効率を向上させることができる。

【0030】図1に示す光學装置において、駆動用レーザとしてCO<sub>2</sub>レーザを用いれば、波長の長いレーザビームを低密度のガス状態ターゲットに照射してEUV光を発生することができる。そのため、ノズル103の開口部からプラズマ104までの距離をかなり長くとることができ、プラズマによるノズルのダメージや加熱の問題を軽減し、デブリの発生を抑圧して反射鏡の寿命を長くすることができる。また、ノズルの開口部とプラズマが発生する位置との距離を短くすることができるので、EUV光を取り出すための集光光学系の配置に関する設計が容易になる。

【0031】図4に、本実施形態において使用される原動用レーザの第3の具体例を示す。第3の具体例においては、第2の具体例における増幅段のCW-CO<sub>2</sub>レーザを、パルス発振レーザであるTEA(transversely excited atmospheric)-CO<sub>2</sub>レーザに置き換えている。TEAレーザは、数気圧に達する圧力の混合ガス内で反転分布と利得を得るために、光軸と交差した電気軸

19

20

35

45

5

〔0132〕図4に示すように、共振段にパルスCO<sub>2</sub>レーザ41を配置し、増幅段に2台のTEA-CO<sub>2</sub>レーザ42、43を配置している。この場合には、共振の繰り返し周波数がTEA-CO<sub>2</sub>レーザの性能に支配されるため、繰り返し周波数を高くすることは難しいが、出力されるレーザビームのエネルギーのピーク値を高くすることができる。

【0033】次に、本発明の一実施形態に係る露光装置について説明する。図5に、本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を示す。この露光装置は、以上において説明した光源装置を光源として用いており、光源におけるデブリが少ないため、光学系への屈影響を小さくできる。

【0034】図5に示すように、露光装置は、EUV光を発生する光源装置100と、光源装置100によって発生されたEUV光を複数のミラーを用いてレチクルステージ300に取り付けられたレチクル（マスク）に集光する照明光学系200と、マスクから反射されたEUV光を用いて対象物を露光させる投影光学系401とを含んでいる。投影光学系401は、ウェハを設置するためのウェハステージ402や、ウェハ500の位置を検出するウェハライメントセンサ403と共に、露光装置400を構成している。露光装置の全体は、真空ポンプ等により低圧力に保たれた真空室内に設置されている。

【0035】次に、本実施形態に係る光源装置の動作について説明する。光源装置100は、エテンデュが十分に小さい高エネルギーのEUV光を出力する。従って、露光に利用できる光量の割合が高く、効率が良い。照明光学系200は、光源装置100から出力されたEUV光を、蛍光ミラー201、202、203によって、レチクルステージ300に集光する。このように、照明光学系200は、全て反射系で構成されており、トータルの反射率は、約0.85となっている。

【0036】レチクルステージ300の図中下側には、所望のパターンが形成されたマスクが取り付けられており、このマスクは、形成されたパターンに従って、照明光学系200から入射されたEUV光を反射する。露光器400に設けられた投影光学系401は、マスクによって反射されたEUV光を、ウエハステージ402上のウエハ500に塗布されたレジストに投影して、レジストを露光する。これにより、マスク上のパターンを縮小して、ウエハ上のレジストに転写することができる。レチクルステージ300及びウエハステージ402は、光軸に対して垂直に移動可能であり、レチクルステージ300及びウエハステージ402を移動させることにより、全マスクパターンを露光する。

【0037】  
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば

(5) 特開2003-92199

9  
 ゲットに照射するため、エッチングが小さく、高出力を  
 取り出すことができ、デブリによる損傷の少ない光源装  
 置を提供することができる。さらにまた、この光源装置  
 を用いて、微細な光リソグラフィを実現する露光装置を  
 提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光源装置の構成を示  
 す断面図である。

【図2】本発明の一実施形態において使用される駆動用  
 レーザの第1の具体例を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態において使用される駆動用  
 レーザの第2の具体例を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態において使用される駆動用  
 レーザの第3の具体例を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を示  
 す図である。

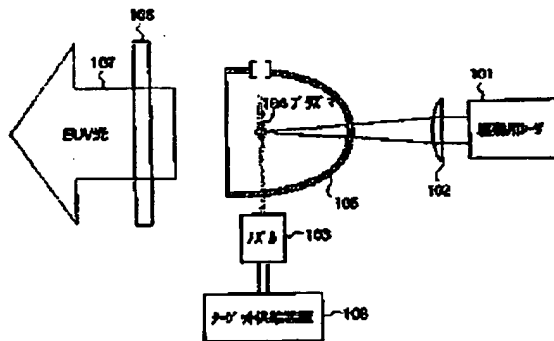
【符号の説明】

1～16 炭酸ガスレーザ

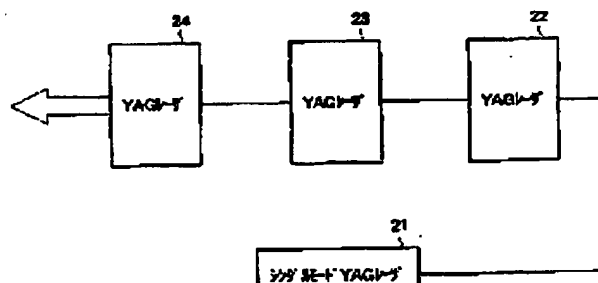
21、31、41 発振線レーザ

10  
 \* 22～24、32、33、42、43 増幅段レーザ  
 100 光源装置  
 101 駆動用レーザ  
 102 集光レンズ  
 103 ノズル  
 104 プラズマ  
 105 反射鏡  
 106 デブリシールド  
 107 EUVの平行光  
 108 ターゲット供給装置  
 200 照明光学系  
 201、202、203 集光ミラー  
 300 レチクルステージ  
 400 露光器  
 401 投影光学系  
 402 ウエハステージ  
 403 ウエハアライメントセンサ  
 500 ウエハ

【図1】



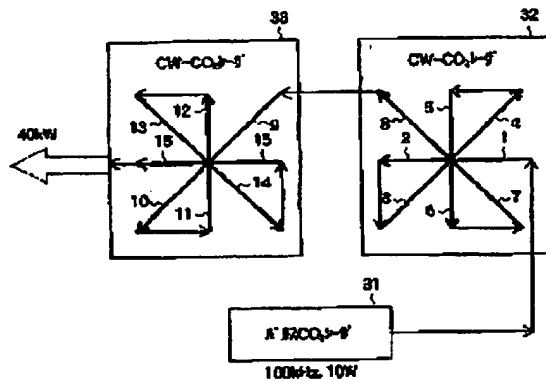
【図2】



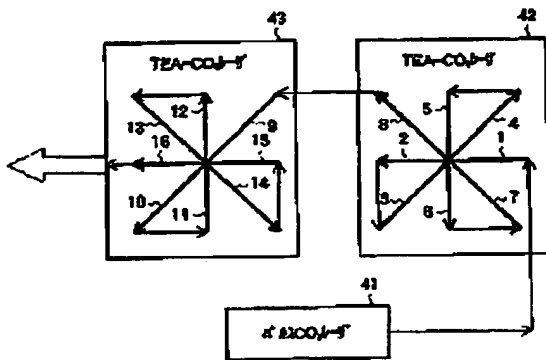
(7)

特開2003-92199

【図3】



【図4】

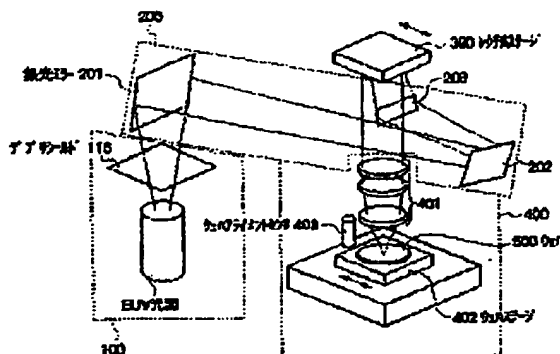




(8)

特開2003-92199

【図5】



Partial translation of HANDBOOK OF LASER (Sec. 34, p. 672)

(2) DIFFRACTION LIMIT OF LASER BEAM OF TEM<sub>mn</sub> MODE

In this case, when supposing a diameter of spot d<sub>mn</sub> as follows:

$$d_{mn} = 1.27 C_{mn}^2 \frac{\lambda f}{D_{mn}} \quad (34.3),$$

C<sub>mn</sub> takes each value given in Table 34.2. This demonstrates that the TEM<sub>00</sub> mode should be realized in order to obtain high energy density, so as in a conventional processing laser.

Table 34.2

C<sub>mn</sub> corresponding to each mode

Mode	C <sub>mn</sub>
TEM <sub>00</sub>	1.0
TEM <sub>01</sub>	1.5
TEM <sub>10</sub>	1.9
TEM <sub>11</sub>	2.2